

(51)

Int. Cl. 2:

04 B 25/02

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Behördeneigentlich

(11)

Offenlegungsschrift 24 54 956

(21)

Aktenzeichen:

P 24 54 956.2-15

(22)

Anmeldetag:

20. 11. 74

(43)

Offenlegungstag:

26. 5. 76

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31)

(54)

Bezeichnung:

Mehrstufiger Hubkolbenkompressor

(71)

Anmelder:

Zlof, Dieter, Dipl.-Betriebsw., 8000 München

(72)

Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DT 24 54 956 A1

DT 24 54 956 A1

© 5.76 609 822/116

13/60

PATENTANWÄLTE

Dipl. Ing. Klaus Westphal

Dr. rer. nat. Otto Buchner

7730 VILLINGEN-SCHWENNINGEN
Stadtteil Villingen
~~Seh. Kneipp-Straße 1~~
Telefon: 07721-55343
Telegr.: Westbuch Villingen

8000 MÜNCHEN 60 (Pasing)
Floßmannstraße 30a
Telefon: ~~089-832446~~ 089-832446
Telegr.: Westbuch München

2454956

Unser Zeichen: 843.1

Dieter Zlof, 8 München 60,
Blumenauerstr. 65

Mehrstufiger Hubkolbenkompressor

Die Erfindung betrifft einen mehrstufigen Hubkolbenkompressor, insbesondere für Hoch- und Höchstdruck, mit einem Zylindergehäuse, einem im Zylindergehäuse geführten Stufenkolben, einer Antriebseinrichtung für den Stufenkolben sowie durch Ventile gesteuerten Verbindungsleitungen zwischen aufeinanderfolgenden Stufen des Zylindergehäuses.

Es sind bereits Kompressoren dieser Art bekannt, die jedoch im allgemeinen nur für niedere Drücke verwendbar sind. Bei höheren Drücken treten bei dieser Kompressorenart große

- 2 -

609822/0116

Postcheckkonto: Karlsruhe 76979 Bankkonto: Deutsche Bank AG Villingen 146332

ORIGINAL INSPECTED

Schwierigkeiten auf. Eine Schwierigkeit ist in der Geradföhrung der an einem axialen Ende des Stufenkolbens angreifenden Kolbenshubstange zu sehen. Diese Schwierigkeit wurde teilweise dadurch überwunden, daß man wesentlich größere Abmessungen für Kolben und Hubstange wählte, als es sonst erforderlich gewesen wäre. Dadurch steigen Herstellungskosten und Gewicht des Kompressors. Auch die Abdichtung der Kolbenhubstange durch Stopfbuchsen ist verhältnismäßig kompliziert, da eine sich hin- und herbewegende Stange grundsätzlich schwieriger abzudichten ist als eine nur sich drehende Welle. Aus diesem Grunde war man auch darauf angewiesen, die Hochdruckstufen möglichst weit von der Antriebsseite entfernt anzuordnen, wodurch eine ausgewogene Verteilung der Kolbenmassen fast unmöglich wird. Man mußte daher den Kompromiß schließen, wenigstens eine Stufe mit höherem Druck an der Antriebsseite anzuordnen, wodurch diese Stufe gegen den Ansaugdruck abgedichtet werden mußte.

Aus diesen Gründen wählt man bei Hochdruckkompressoren meist eine Bauart mit getrenntem Kolben-Zylindereinheiten für jede einzelne Stufe, die z.B. sternförmig oder boxerförmig angeordnet sind und durch einen gemeinsamen Kurbelantrieb betätigt werden. Hierbei ist es besonders nachteilig, daß jede einzelne Stufe für sich, also auch die Hochdruckstufen, gegen den Ansaugdruck abgedichtet werden müssen. Besonders schwierig ist auch hier die Verteilung der Kolbenkräfte, da sich bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle die einzelnen Stufen und somit auch die zugehörigen Ansaug- und Ausstoßventile in den verschiedensten Saug- bzw. Druckphasen befinden, wodurch in einzelnen Stufen Stauungen und Rückprellungen der weiterbeförderten Luft in Kauf genommen werden müssen, was eine außerordentliche Verschlechterung des Wirkungsgrades zur Folge hat. Es kann grundsätzlich kein Strömen der in den einzelnen Stufen weiterbeförderten Luft erzielt werden, sondern diese pulsiert stark, wodurch sich große Verluste ergeben. Dadurch wird auch das

Ansprechen der Ventile stark verzögert und die Kolben haben jeweils bereits einen beträchtlichen Weg zurückgelegt, bevor die Ventile überhaupt ansprechen. Das hat zur Folge, daß man große Kolbenhübe benötigt und infolgedessen die Abmessungen des Kompressors ziemlich groß und die Drehzahlen ziemlich klein gewählt werden müssen. Bei diesen bekannten Kompressoren ist auch eine sehr genaue Passung und damit eine optimale Abdichtung zwischen Kolben und Zylinder im Hinblick auf die erforderliche Schlägtoleranz des Kurbelantriebes nicht möglich. Daraus ergibt sich eine hohe Materialabnutzung und Störanfälligkeit dieser Kompressoren, insbesondere in den Endstufen.

Durch die Erfindung soll demgegenüber ein Kompressor geschaffen werden, der bei wesentlich größerer Leistung und größerem Wirkungsgrad gegenüber den bekannten Kompressoren einfacher, kleiner und leichter aufgebaut, weniger störanfällig und billiger herzustellen ist und möglichst wenige Verschleißteile enthält.

Diese Aufgabe wird bei einem Kompressor der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Stufenkolben durch die Antriebseinrichtung an seiner Längsmitte angetrieben und in Axialrichtung symmetrisch zur Längsmitte ausgebildet ist und daß jede auf einer Seite der Längsmitte gelegene Stufe des Zylindergehäuses mit Ausnahme der Endstufe mit der jeweils nächsthöheren Stufe auf der anderen Seite der Längsmitte durch Verbindungsleitungen verbunden ist.

Durch den Kunstgriff des mittigen Kolbenantriebs und der vollständig symmetrischen Ausbildung des Kolbens ergibt sich die Möglichkeit, nicht nur die auftretenden Schwungmassen des Kolbens gleichmäßig zu verteilen, sondern auch eine besonders günstige Anordnung und Aufeinanderfolge der einzelnen Stufen frei zu wählen. Es ergibt sich insgesamt eine sehr kompakte Bauweise, bei der wenige dem Verschleiß unterworfenen Teile auftreten. Insbesondere ergibt sich bei hoher Leistung eine

sehr kleine Bauweise und geringes Gewicht des Kompressors. Da infolge der völlig symmetrischen Ausbildung des Kolbens stets zwei zu beiden Seiten der Längsmittle angeordnete gleiche Stufen vorhanden sind, ist an einer solchen doppelten Stufe eine wesentlich höhere Kühlfläche vorhanden, so daß trotz des praktisch doppelten Luftdurchsatzes und trotz der kleinen Bauweise die Erwärmung des Kompressors verhältnismäßig gering bleibt.

Auch die Schmierung des erfindungsgemäßen Kompressors gestaltet sich außerordentlich einfach und kann in üblicher Weise entweder durch eine mit dem Antrieb verbundene Ölpumpe (Druckschmierung) oder mittels eines Ölsumpfes (Sprühnebel-schmierung) erfolgen. Das Zylindergehäuse kann völlig dicht ausgebildet werden und es ist daher ohne weiteres möglich, einen Leckdruck aufzubauen und mit Hilfe desselben eine Druckschmierung durchzuführen. Es ist sogar ein Betrieb des Kolbens als Trockenläufer möglich.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform steigen die Drücke in den von der Längsmittle zu den Enden des Kolbens hin sich aneinander anschließenden Stufen der Reihe nach an. Dadurch ergibt sich der große Vorteil, daß die Antriebseinrichtung beiderseits nur gegen die niedrigste Druckstufe abgedichtet werden muß, während die Höchstdruckstufen jeweils an den beiden voneinander entfernten Enden von Kolben und Zylindergehäuse angeordnet sind. Neben extrem kleiner Bauweise und geringem Gewicht sind ein sehr kurzer Kolbenhub und außerordentlich hohe Drehzahlen der Antriebseinrichtung möglich. Es ergibt sich automatisch eine volle Synchronität in der Kompression der einzelnen Stufen, so daß im Gegensatz zu bekannten Kompressoren auf unterschiedliche Kolbenkräfte keine Rücksicht genommen werden muß und daher die ganze Anordnung mit geringen Abmessungen und geringem Gewicht ausgeführt werden kann. Vor allem ergibt sich beim Antrieb ein wesentlich geringerer Kraftaufwand und insbesondere erzielt man einen sehr hohen Liefernutzgrad und eine hervorragende

Laufruhe. Durch den so erzielten gleichmäßig ruhigen Lauf wird das Material des Kompressors sehr geschont, da insbesondere fast keine störenden und verschleißhervorrufenden Schwingungen auftreten. Infolge der möglichen hohen Drehzahlen bei geringen Leckverlusten können extrem hohe Drücke erzielt werden. Die Leckverluste sind insbesondere deswegen so gering, weil die nächsthöhere Stufe räumlich immer der vorangehenden folgt. Die zwischen den einzelnen aneinandergrenzenden Stufen abzudichtenden Druckdifferenzen sind daher verhältnismäßig gering. Die Kolbenkräfte sind beim Hin- und Rücklauf stets vollständig gleich und es müssen keine komplizierten Ineinanderschachtelungen der einzelnen Stufen vorgenommen werden wie bei den bekannten Kompressoren mit Stufenkolben. Da die höchste Druckstufe an beiden Enden der Anordnung liegt, muß sie nur nach einer Seite abgedichtet werden, so daß auch hier weniger Verluste auftreten können.

Besonders vorteilhaft wirken sich die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Kompressors aus, wenn auf jeder Seite der Längsmittle drei bis fünf Stufen vorgesehen werden.

Als Antrieb für den Kolben wird zweckmäßigerweise ein mit seiner Drehachse senkrecht zur Längsachse des Kolbens angeordneter Kurbel- oder Exzenterantrieb vorgesehen. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform greift eine Exzenterrolle des Exzenterantriebes in den Kolben in seiner Längsmittle durchsetzende Ausnehmung ein, deren Achse sich senkrecht zur Kolbenbewegung erstreckt.

Eine noch zweckmäßigere und reibungsfreiere Verbindung der Antriebseinrichtung mit dem Kolben läßt sich dadurch erzielen, daß ein exzentrischer Abschnitt einer Kurbelwelle in einem Drehlager geführt ist, das in einem Gleitstück sitzt, welches in einer Öffnung senkrecht zur Längsachse des Kolbens gleitend verschiebbar gelagert ist. Das Gleitstück kann aus einer etwa quadratischen Platte bestehen und die Öffnung ist vorzugsweise rechteckig ausgebildet, wobei zwischen dem Gleitstück und beiden längeren Wandungen der Öffnung ein Gleit- oder Rollenlager angeordnet ist.

609822/0116

Die Ausbildung der Antriebseinrichtung als Kurbel- oder Exzenterantrieb ermöglicht eine wesentlich einfachere Abdichtung der Antriebswelle gegen die niedrigste Druckstufe des Kompressors im Gegensatz zu der Abdichtung einer hin- und hergehenden Kolbenstange bei den bekannten Stufenkolbenausführungen, wobei die Kolbenstange zudem gegen eine höhere Druckstufe abgedichtet werden mußten. Die Auswuchtung der schwingenden Massen erfolgt nahezu von selbst und es können wesentlich leichtere und kleinere Konstruktionen der Antriebseinrichtung gewählt werden.

Um die Herstellung des Stufenkolbens zu vereinfachen, weist in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung der Kolben in seinem Innern eine flache Platte auf, die sich zu beiden Seiten hin verjüngt und in je einen Zapfen übergeht, auf dem jeweils eine etwa die Hälfte einer Kolbenschale bildende Halbschale an jeder Endstufe des Kolbens befestigt ist. Durch diese Ausführung wird der Kolben sehr leicht und in einfacher und billiger Weise herzustellen und aufzubauen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Zapfen als Gewindezapfen ausgebildet und Halbschalen sind mittels je eines Innengewindes auf die Zapfen aufgeschraubt. Die beiden Halbschalen tragen zweckmäßigerweise an ihren Stirnflächen je einen beliebig geformten Falz, wobei die beiden Falze im zusammengebauten Zustand des Kolbens ineinandergefügt sind.

Bei Verwendung eines Kurbelantriebs in der oben erläuterten Weise wird die Kurbelwelle mit dem von ihr bewegten Gleitstück in eine entsprechende Öffnung in der flachen Platte eingesetzt und das Gleitstück wird in der Öffnung durch je zwei auf beiden Seiten der Platte befestigte und über den Rand der Öffnung vorstehende Halteplatten in Richtung der Kurbelwellenachse festgelegt. Die Kolbenschale weist vorzugsweise in der Längsmitte des Kolbens in Längsrichtung verlaufende Langschlitze zum Durchtritt der Kurbelwelle auf.

Die Verbindung des Kurbelantriebs mit dem in dieser Weise aufgebauten Kolben gestaltet sich sehr einfach. Es wird zunächst

die Kurbelwelle mit dem Gleitstück in die dafür vorgesehene Öffnung in der flachen Platte eingesetzt und sodann die eine Halbschale auf den zugehörigen Gewindezapfen der flachen Platte aufgeschraubt. Anschließend wird die Kurbelwelle so gedreht, daß sie in der einen Hälfte des Langschlitzes der bereits montierten Halbschale zu liegen kommt. In dieser Stellung kann ohne weiteres die andere Halbschale soweit aufgeschraubt werden, bis sich die Stirnseiten der Halbschalen aneinander legen und die Langschlitzabschnitte in den beiden Halbschalen sich zu den beiden Langschlitzern für die Kurbelwelle ergänzen.

Zweckmäßigerweise sind an der Kurbelwelle im Innern der Kølbenschale Ausgleichgewichte für das Kolbengewicht angebracht, so daß keinerlei Unwuchtkräfte auftreten und trotzdem eine kleine und leichte Bauweise des Kolbens gewährleistet bleibt.

Eine Schwierigkeit stellt bei den bekannten Stufenkolbenkompressoren die Heranführung der Ventile an die einzelnen Druckstufen dar. Besonders zweckmäßig hat sich beim erfindungsgemäßen Kompressor eine schräge Heranführung der Ventile erwiesen, wobei die die einzelnen Stufen verbindenden Flächen von Kolben und Zylindergehäuse konisch verlaufen. Dadurch entstehen wesentlich geringere Schadräume als bei axialer Heranführung der Ventile und radialer Lage der genannten Flächen.

Darüberhinaus können die Durchtrittsachsen der Ventile noch über die konische Neigung der genannten Flächen hinaus zur Längsachse des Kolbens hin geneigt werden, so daß die Durchtrittsachsen mit der Kolbenlängsachse Winkel einschließen, die höchstens gleich dem Winkel zwischen der Längsachse und den Senkrechten auf den konischen Flächen sind. Durch diese weitere Heranführung der Durchtrittsachsen der Ventile an die Kolbenlängsachse lassen sich die Strömungsverhältnisse aus den einzelnen Druckstufen in die Ventile infolge der Erzeugung einer stabilen Verwirbelung, wodurch Aufpralltrubulenzen vermieden werden, noch weiter verbessern.

Zur Erleichterung des Zusammenbaus des Zylindergehäuses mit

dem bereits mit der Antriebseinrichtung verbundenen Kolben ist vorzugsweise das Zylindergehäuse in Längsrichtung in mehrere Ringe unterteilt, die mittels ringförmiger Gewinde oder Bolzen aneinandergeschraubt sind. Beim Zusammenbau kann daher der Kolben mit der Antriebseinrichtung in eine Zylindergehäusehälfte eingesetzt werden und die andere Hälfte des Zylindergehäuses kann Ring für Ring aufgeschraubt werden.

Für das Einsetzen der Ventile sind vorzugsweise die an die schrägen Flächen angrenzenden Teile des Zylindergehäuses mit Gewindeöffnungen zum Einschrauben der Ventile versehen. Es sind jedoch grundsätzlich auch andere herkömmliche Befestigungsarten der Ventile im Zylindergehäuse möglich.

Besonders einfach, platzsparend und leistungssteigernd kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die Ventilanordnung der End- bzw. Höchstdruckstufen gemacht werden, indem das Auslaßventil jeder Endstufe als Tellerventil mit zwei entgegengesetzten Ventilsitzen ausgebildet wird, in dessen in axialer Richtung des Zylindergehäuses verschiebbaren Teller das Einlaßventil der Endstufe als zweites Tellerventil eingesetzt ist, wobei der Strömungsquerschnitt einer von dem einen Ventilsitz wegführenden Hochdruckleitung so bemessen ist, daß die aufgrund des höheren Druckes in der Hochdruckleitung auf den Teller des Auslaßventils wirkende Kraft etwas geringer ist als die aufgrund des weniger hohen Drucks in der Einlaßleitung der Endstufe auf den Teller wirkende Kraft. Die Hochdruckleitung ist dabei vorzugsweise über einen Kranz von engen Bohrungen im Zylindergehäuse mit dem einen Ventilsitz verbunden.

Durch die Verkleinerung des Strömungsquerschnittes wird der Ventilteller des doppelwirkenden Auslaßventils während des Ansaughubes der Endstufe gegen die engen Einlässe der Hochdruckstufe gedrückt und gleichzeitig das Einlaßventil innerhalb des Ventiltellers des Auslaßventils geöffnet. Beim

folgenden Verdichtungshub wird das Einlaßventil geschlossen und der Teller des Auslaßventils legt sich an den entgegengesetzten Ventilsitz an, so daß die Endstufe mit der Hochdruckleitung verbunden und gegen den Einlaß abgedichtet wird. Diese Anordnung ist nicht nur äußerst platzsparend und einfach aufgebaut, sondern ergibt auch ein sehr wirksames und schnelles Arbeiten der Endstufenventile. Besonders herauszustellen ist die mit diesem Ventil erzielbare hohe Durchsatzleistung, da in beiden Strömungsrichtungen fast die gesamte Stirnfläche der Stufe III geöffnet werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß mit dem erfindungsgemäßen Kompressor alle an einen Hoch- und Höchstdruckkompressor zu stellenden Anforderungen in idealer Weise erfüllt werden. Der erfindungsgemäße Kompressor weist weder die oben geschilderten Nachteile der herkömmlichen Kompressoren mit getrennten Kolben-Zylindereinheiten für jede Stufe noch die Nachteile der herkömmlichen Stufenkolbenkompressoren auf. In der neuesten Fachliteratur werden für die Ausbildung von Stufenkolbenkompressoren folgende Forderungen gestellt:

Die Kolbenkräfte sollen bei Hin- und Rückgang möglichst gleich sein, damit die Antriebseinrichtung möglichst leicht und das Drehmoment möglichst gleichmäßig werden. Das Stufendruckverhältnis zwischen den aufeinanderfolgenden Stufen soll möglichst gleich sein, muß aber auf den Ausgleich der Kolbenkräfte abgestimmt werden. Die Hochdruckstufe soll vorzugsweise als Vollzylinder mit kleinen Kolbenringen auf einem und dem gleichen Durchmesser ausgebildet werden. Die Stopfbüchsen für die Durchführung der Antriebseinrichtung sollen möglichst nicht in der Hochdruckstufe angeordnet werden. Wenn eine Stufe gerade drückt, soll die nächstfolgende Stufe möglichst saugen, damit der Druck in einem nachgeschalteten Zwischenkühler nicht zu sehr schwankt. Der Kolbenausbau soll möglichst einfach und leicht sein und bei der Unterbringung der Ventile sollen möglichst geringe Schadräume auftreten.

609822/0116

Die Fachwelt geht bisher einhellig davon aus, daß alle diese Forderungen größtenteils aufeinanderstoßen, so daß man auf

Kompromisse angewiesen ist und für verschiedene Zwecke verschiedene Wege zur Erfüllung der einzelnen Forderungen geht.

Alle oben genannten Forderungen werden durch den erfindungsgemäßen Kompressor ohne Ausnahme ausgezeichnet erfüllt. Die Kolbenkräfte sind bei Hin- und Rückgang vollständig gleich, das Triebwerk kann außerordentlich leicht ausgebildet und das Drehmoment vollständig gleichmäßig gemacht werden. Die Stufendruckverhältnisse können vollständig gleich gewählt werden und müssen nicht auf den Ausgleich der Kolbenkräfte abgestimmt werden. Die Hochdruckstufe ist als Vollzylinder mit kleinen Kolbenringen auf einem einzigen Durchmesser ausgebildet. Stopfbüchsen müssen an keiner Druckstufe vorgesehen werden, da ein einfacher Drehantrieb in der Mitte des Kolbens vorgesehen ist. Wenn eine Stufe drückt, saugt die nächstfolgende völlig synchron. Ein nachgeschalteter Zwischenkühler kann im allgemeinen wegen der geringen Erwärmung überhaupt entfallen. Der Druck an der höchsten Druckstufe schwankt im wesentlichen nicht, da stets die eine Hälfte jeder Druckstufe drückt, während die andere Hälfte der gleichen Druckstufe auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbens saugt. Der Kolben ist extrem leicht und einfach aufgebaut und die Ventile können praktisch ohne Schadraum in vorteilhafter Schräglage in die vorzugsweise konischen Flächen der einzelnen Druckstufen eingebaut werden.

Anhand der Figuren werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung von Kolben, Zylindergehäuse und Verbindungsleitungen des Kompressors;

Fig. 2 eine Schrägansicht des im erfindungsgemäßen Kompressor verwendeten Stufenkolbens, wobei eine Ausführungsform der Antriebseinrichtung und eines Teils des Zylindergehäuses gestrichelt angedeutet ist;

Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine bevorzugte Ausführungsform des Kolbens und eines Teils des Zylindergehäuses mit den zugehörigen Teilen der Antriebseinrichtung; und

Fig. 4 Schrägansichten der wichtigsten Teile des in Fig. 3 gezeigten Kolbens und der Antriebseinrichtung in auseinandergezogener Form.

Aus der schematischen Darstellung der Fig. 1 ist die bevorzugte Form von Kolben und Zylinder sowie die Verbindung der Ein- und Auslässe der einzelnen Stufen miteinander bzw. mit dem Einlaß und Auslaß des Kompressors zu ersehen. Der allgemein mit 10 bezeichnete Stufenkolben weist, wie insbesondere aus Fig. 2 ersichtlich, drei zylindrische Abschnitte 12, 14 und 16, zwei diese zylindrischen Abschnitte verbindende konische Abschnitte 18 und 20 und eine kreisförmige radiale Stirnfläche 22 auf beiden Seiten seiner Längsmitte 24 auf, wobei die beiden an die Längsmitte angrenzenden zylindrischen Abschnitte 12 ineinander übergehen. Entsprechende zylindrische Flächen 12a, 14a, 16a, konische Flächen 18a, 20a und radiale radiale Kreisflächen 22a weist das allgemein mit 26 bezeichnete Zylindergehäuse auf. Die zylindrischen Flächen 12, 14 und 16 des Kolbens sind gegen die entsprechenden Flächen 12a, 14a und 16a des Zylindergehäuses durch Kolbenringe 28 abgedichtet.

Der Stufenkolben 10 ist in seiner Längsrichtung innerhalb des Zylindergehäuses 26 zwischen der in Fig. 1 gezeigten Stellung und einer an den konischen Flächen 18a und 20a bzw. der radialen Fläche 22a in der rechten Hälfte des Zylindergehäuses, betrachtet gemäß Fig. 1, hin- und herbewegbar. Zwischen den konischen Flächen 18 und 18a wird auf beiden Seiten des Kolbens je ein die erste Druckstufe I darstellender Ringraum gebildet. Zwischen den konischen Flächen 20 und 20a wird auf beiden Seiten des Kolbens je ein die zweite Druckstufe II darstellender Ringraum gebildet. Zwischen den radialen Flächen 22 und 22a wird auf beiden Seiten des Kolbens ein die Endstufe III

darstellender Zylinderraum gebildet. Beim Hin- und Hergang des Kolbens 10 innerhalb des Zylindergehäuses 26 werden abwechselnd die Stufen I bis III auf der linken bzw. rechten Seite des Kolbens, betrachtet gemäß Fig. 1, gedrückt bzw. gedehnt.

Die Stufe I auf der linken Seite ist über eine Verbindungsleitung 30 mit der Stufe II auf der rechten Seite verbunden, während die Stufe I auf der rechten Seite über eine Verbindungsleitung 32 mit der Stufe II auf der linken Seite des Kolbens, betrachtet gemäß Fig. 1, verbunden ist. Die Stufe II auf der linken Seite ist über eine Verbindungsleitung 34 mit der Stufe III auf der rechten Seite verbunden, während die Stufe II auf der rechten Seite über eine Verbindungsleitung 36 mit der Stufe III auf der linken Seite des Kolbens, betrachtet gemäß Fig. 1, verbunden ist. Ferner sind die Stufen I auf beiden Seiten des Kolbens Überleitungen 38 bzw. 40 mit dem gemeinsamen Einlaß 42 des Kompressors verbunden und die beiden Endstufen III sind jeweils über Leitungen 44 bzw. 46 mit einem gemeinsamen Auslaß 48 des Kompressors verbunden. In die an die Stufen I bis III angrenzenden Enden sämtlicher Verbindungsleitungen 30, 32, 34, 36, 38, 40, 44 und 46 sind jeweils Einlaßventile 50 bzw. Auslaßventile 52 eingesetzt.

Zum Antreiben des Kolbens 10 weist dieser in seiner Längsmittle 24 ein sich senkrecht zu seiner Längsachse 54 erstreckende Ausnehmung 56 auf, in welcher eine Exzenterrolle 58 angeordnet ist, die drehbar auf einem abgekröpften Abschnitt einer Exzenterwelle 60 einer nicht näher dargestellten Antriebseinrichtung üblicher Bauart gelagert ist. Bei Drehung der Exzenterwelle 60 kann die Exzenterrolle 58 in der Ausnehmung 56 nach oben und unten ausweichen, während die Bewegung der Exzenterrolle 58 in Längsrichtung 54 des Kolbens zwischen der in Fig. 1 in ausgezogenen Linien und der in gestrichelten Linien dargestellten Stellung 58a auf den Kolben übertragen wird.

Wenn sich der Kolben 10 aus der in Fig. 1 gezeigten Stellung nach rechts bewegt, werden die Ventile und Verbindungsleitungen in Richtung der eingezeichneten Teile mit Druckluft beaufschlagt. Die Stufen I und II auf einer Seite des Kolbens fördern in die jeweils nächsthöhere Stufe auf der anderen Seite des Kolbens, während die Stufe III auf der ersten Seite zum Hochdruckauslaß 48 fördert, der an einen Verbraucher oder ein Vorratsgefäß angeschlossen ist. Gleichzeitig saugen die Stufen II und III auf der anderen Seite des Kolbens aus der nächstniedrigeren Stufe der erstgenannten Seite an, während die Stufe I auf dieser anderen Seite Frischluft vom Einlaß 42 her ansaugt. Ansaugen und Ausstoßen erfolgen auf den beiden Kolbenseiten vollständig synchron, so daß sich ein sehr gleichmäßiger Druck am Auslaß 48 ergibt. Jede Druckstufe I, II und III ist in je eine gleichartige Stufe zu beiden Seiten des Kolbens unterteilt, so daß die entstehende Erwärmung der Druckluft und der Kompressorteile außerordentlich gering bleibt. Wegen des mittigen Antriebes des Kolbens 10 sind die schwingenden Massen des symmetrischen Kolbens völlig ausgeglichen und es ergibt sich ein außerordentlich ruhiger Lauf auch bei extrem hohen Drehzahlen.

Um einen Vergleich mit bekannten Kompressoren zu ermöglichen, wird nachfolgend ein zahlenmäßiges Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Kompressor angegeben. Dabei ist allerdings zu bemerken, daß die angegebenen Daten keineswegs eine Einschränkung der Erfindung bedeuten sollen, da diese Werte jederzeit in weiten Grenzen verändert werden können, ohne daß der Rahmen der Erfindung verlassen wird.

Es werde angenommen, daß in jeder der Stufen I, II und III ein Kompressionsverhältnis von 6 : 1 erreicht wird. Der Hub je Stufe soll 30 mm betragen, wobei der Kompressor eine Gesamtlänge von etwa 50 cm, eine Gesamtbreite von etwa 20 cm und eine Gesamthöhe von ebenfalls etwa 20 cm sowie ein Gewicht von ca. 15 kp besitzt. Bei diesen Werten ergibt sich

2454956

bei einer Antriebsdrehzahl von 3 000 U/min eine Ansaugleistung von etwa 1 300 l/min und bei einem Lieferrutzgrad von mehr als 90 % eine minimale Lieferleistung von etwa 1 170 l/min. Zur Erzielung einer derartigen Leistung, die mit einer handlichen, tragbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kompressors ohne weiteres zu erreichen ist, müssten bekannte Kompressoren als schweres Standgerät mit vielen Zentnern Gewicht und entsprechenden Abmessungen verwendet werden, die nicht nur in Herstellung und Betrieb wesentlich kostspieliger, sondern auch wesentlich komplizierter und störanfälliger aufgebaut und umständlich zu bedienen und zu warten sind.

Bei Betrachtung der Fig. 1 ist zu bedenken, daß der erfindungsgemäße Kompressor nur schematisch dargestellt ist, wobei alle für die Erfindung nicht wesentlich erscheinenden Merkmale, wie Halterungen für das Zylindergehäuse, Standfüße oder Traggriffe, Antriebsmotor, Schmiervorrichtungen u.dgl., zur Erleichterung des Verständnisses weggelassen sind. Da alle diese weggelassenen Teile in einer dem Fachmann geläufigen Weise ausgebildet werden können, erscheint ihre Darstellung und Beschreibung hier nicht erforderlich. Die tatsächlich äußere Form des Zylindergehäuses ist für die rechte Hälfte desselben, betrachtet gemäß Fig. 1, in gestrichelten Linien in Fig. 2 ebenfalls angedeutet. Ferner ist aus Fig. 2 zu ersehen, wie die Exzenterwelle 60 mit der auf einem abgekröpften Abschnitt derselben sitzenden Exzenterrolle 58 in die Ausnehmung 56 des Kolbens eingreift. Die nicht abgekröpften Abschnitte der in nicht näher gezeigter Weise drehbar gelagerten Exzenterwelle 60 sind durch geeignete, in Längsrichtung des Kolbens 10 verlaufende Langschlitze 62 bzw. 64 nach außen geführt. Zur Einführung der Exzenterrolle 58 in die Ausnehmung 56 ist der Kolben 10 längs der Fuge 25 zweigeteilt und in nicht näher gezeigter Weise, z.B. durch einen Falz mit Preßsitz od. dgl. zusammengehalten.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kompressors ist in den Fig. 3 und 4 etwas konkreter dargestellt, wobei ebenfalls für die Erläuterung der Erfindung nicht wesentliche Teile weggelassen sind. Für gleiche oder entsprechende Teile

2454956

werden die gleichen Bezugszeichen verwendet wie in den Fig. 1 und 2.

Auch in diesen Figuren sind daher der Kolben allgemein mit 10 und das Zylindergehäuse allgemein mit 26 bezeichnet. Jedoch ist bei dieser Ausführungsform der Kolben nicht massiv ausgebildet, sondern aus einer flachen Platte 66 und zwei eine hohle Kolbenschaale bildenden Halbschalen 68 und 70 zusammengesetzt, wobei die Halbschalen längs einer Stoßfuge 72 aneinandergrenzen. Jede die Stoßfuge 72 bildende Stirnfläche der Halbschalen trägt einen Falz 69 bzw. 71 und die beiden Falze sind im zusammengebauten Zustand ineinandergefügt, so daß eine gegenseitige Führung und Stützung der beiden Halbschalen gegeben ist. Die flache Platte 66 läuft an ihren Enden in je einen Gewindebolzen 74 bzw. 76 aus, auf den die beiden Halbschalen 68 und 70 mittels Innengewinden 78 und 80 aufgeschraubt sind. Die Halbschalen weisen in Axialrichtung des Kolbens verlaufende Langschlitzabschnitte 82 bzw. 84 auf, die sich gegenseitig zu eine Kurbelwelle 86 aufnehmenden Langschlitzen zusammensetzen. Die Kurbelwelle 86 ist beiderseits des Kolbens im Zylindergehäuse 26 mittels Kugellagern 88 drehbar gelagert und weist einen exzentrischen Abschnitt 90 auf, der in den inneren Laufring 92 eines Drehlagers 94 eingreift. Das Drehlager 94 sitzt in einem etwa quadratischen Gleitstück 96, das an seinen längeren Seiten mittels Rollengleitlagern 98 in einer langrechteckigen Öffnung 100 der flachen Platte 66 in einer zur Längsachse 54 des Kolbens senkrechten Richtung verschiebbar gelagert ist. Das Gleitstück 96 wird innerhalb der Öffnung 100 durch vier Halteplatten 102 in Richtung senkrecht zur Längsachse des Kolbens festgelegt, die mittels nicht gezeigter Schrauben und Schraublöcher 104 so an der Außenseite der flachen Platte 66 befestigt sind, daß sie etwas über den Rand der Öffnung 100 nach innen ragen.

Innerhalb der beiden Halbschalen 68 und 70 trägt die Kurbelwelle 86 zwei Ausgleichsgewichte 106, die zum Ausgleich der an der Kurbelwelle auftretenden Unwuchtkräfte dienen. Durch Anordnung der Ausgleichsgewichte 106 innerhalb der Kolbenschaale

609822/0116

wird der Platzbedarf des Kolbens nicht vergrößert. Im übrigen sind alle mehr oder weniger konventionell ausgebildeten Teile der Antriebseinrichtung als nicht erfindungswesentlich in der Zeichnung weggelassen.

Aus Fig. 3 ist ferner der Aufbau des Zylindergehäuses 26 aus mehreren in axialer Richtung voneinander getrennten Umfangsringen 108, 110, 112, 114 und 116 zu entnehmen. Die nicht dargestellte rechte Hälfte des Zylindergehäuses 26 kann in gleicher Weise aus Ringen aufgebaut sein, was aber für das Einfügen des Kolbens in das Zylindergehäuse nicht unbedingt erforderlich ist. Die einzelnen Ringe sind durch Gewinde 118 aneinandergeschraubt. Der mittlere Ring 108 enthält die Kugellager 88 zur Lagerung der Kurbelwelle 86. Die Ringe 110 und 112 weisen jeweils zwei senkrecht auf den konischen Innenflächen 18a und 20a sitzende Bohrungen 120 mit Innengewinde 122 zum Einschrauben der nicht dargestellten Ein- und Auslaßventile auf.

Der Ring 114 enthält den Auslaß 124 der Endstufe III und der scheibenförmige Abschlußring oder Zylinderkopf 116 enthält den Einlaß 126 der Endstufe III. Zwischen der Endstufe III, dem Einlaß 126 und dem Auslaß 124 der Endstufe ist ein erfindungsgemäß ausgebildetes Doppelventil 128 angeordnet. Dieses Doppelventil weist einen Auslaßventilteller 130 mit zwei konischen Flächen 132 und 134 auf, die mit zwei konischen Ventilsitzen 136 bzw. 138 zusammenwirken. Der Ventilteller 130 wird von Stabilisierungsfedern 140 gehalten.

In den konischen Ventilsitz 138 münden enge Bohrungen 142, die mit dem Auslaß 124 der Endstufe in Verbindung stehen.

Innerhalb des Auslaßventiltellers 130 ist ein Einlaßventilteller 144 mittels Federn 146 in Anlage an einem konischen Ventilsitz 148 gehalten. Der Querschnitt der Bohrungen 142 ist so bemessen, daß beim Ansaughub in der Endstufe III

die auf den Ventilteller 130 infolge des Ansaugdruckes wirkende Kraft größer ist als diejenige Kraft, die auf die konische Fläche 134 infolge des Hochdruckes im Auslaß 124 wirkt. Gleichzeitig öffnet sich während dieses Ansaughubes das Einlaßventil 144. Beim folgenden Druckhub schließt sich das Einlaßventil 144, 148 und der Auslaßventilteller 130 legt sich an den Ventilsitz 136 an, so daß die Verbindung zum Auslaß 124 hergestellt und die Verbindung zum Einlaß 126 unterbrochen ist.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Mehrstufiger Hubkolbenkompressor, insbesondere für Hoch- und Höchstdruck, mit einem Zylindergehäuse, einem im Zylindergehäuse geführten Stufenkolben, einer Antriebseinrichtung für den Stufenkolben sowie durch Ventile gesteuerten Verbindungsleitungen zwischen aufeinanderfolgenden Stufen des Zylindergehäuses, dadurch gekennzeichnet, daß der Stufenkolben (10) durch die Antriebseinrichtung (58, 60; 86, 88, 90) an seiner Längsmitte (24) angetrieben und in Axialrichtung symmetrisch zur Längsmitte ausgebildet ist und daß jede auf einer Seite der Längsmitte (24) gelegene Stufe (I, II, III) des Zylindergehäuses (26) mit Ausnahme der Endstufe (III) mit der jeweils nächsthöheren Stufe (II, III) auf der anderen Seite der Längsmitte durch Verbindungsleitungen (30, 32, 34, 36) verbunden ist.
2. Kompressor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drücke in den von der Längsmitte (24) zu den Enden des Kolbens (10) hin sich aneinander anschließenden Stufen (I, II, III) der Reihe nach ansteigen.
3. Kompressor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf jeder Seite der Längsmitte (24) drei bis fünf Stufen vorgesehen sind.
4. Kompressor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den Antrieb des Kolbens (10) ein mit seiner Drehachse senkrecht zur Längsachse (54) des Kolbens (10) angeordneter Kurbel- oder Exzenterantrieb (58, 60; 86, 88, 90) vorgesehen ist.
5. Kompressor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Exzenterrolle (58) des Exzenterantriebes in einen Kolben (10) in seiner Längsmitte (24) durchsetzende Ausnehmung (56) eingreift.

6. Kompressor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein exzentrischer Abschnitt (90) einer Kurbelwelle (86) in einem Drehlager (94) geführt ist, das in einem Gleitstück (96) sitzt, welches in einer Öffnung (100) senkrecht zur Längsachse (54) des Kolbens (10) gleitend verschiebbar gelagert ist.
7. Kompressor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitstück (96) aus einer etwa quadratischen oder rechteckigen Platte besteht und daß die Öffnung (100) rechteckig ausgebildet ist, wobei zwischen dem Gleitstück (96) und beiden längeren Wandungen der Öffnung (100) ein Gleit- oder Rollenlager (98) angeordnet ist.
8. Kompressor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (10) in seinem Inneren eine flache Platte (66) aufweist, die sich zu den beiden Enden hin verjüngt und in je einen Zapfen (74, 76) übergeht, auf dem jeweils eine etwa die Hälfte einer Kolbenschale bildende Halbschale (68, 70) an jeder Endstufe des Kolbens befestigt ist.
9. Kompressor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zapfen (74, 76) als Gewindezapfen ausgebildet sind und daß die Halbschalen (68, 70) mittels je eines Innengewindes (78, 80) auf die Zapfen aufgeschraubt sind.
10. Kompressor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Halbschalen (68, 70) an ihrer Stirnfläche je einen Falz (69, 71) tragen, wobei die beiden Falze im zusammengebauten Zustand des Kolbens ineinandergefügt sind.
11. Kompressor nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (100) in der flachen Platte (66) vorgesehen ist und daß das Gleitstück (96) in der Öffnung durch je zwei auf beiden Seiten der Platte (66) befestigte und über den Rand der Öffnung (100) vorstehende Halteplatten (102) in Richtung der Kurbelwellenachse festgelegt ist.

12. Kompressor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenschale (68, 70) in der Längsmittle (24) des Kolbens (10) in Längsrichtung (54) verlaufende Längsschlitz (82, 84) zum Durchtritt der Kurbelwelle (86) aufweist.
13. Kompressor nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß an der Kurbelwelle (86) im Innern der Kolbenschale (68, 70) Ausgleichsgewichte (106) für das Kolbengewicht angebracht sind.
14. Kompressor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die einzelnen Stufen (I, II, III) verbindenden Flächen (18, 18a; 19, 20a) von Kolben (10) und Zylindergehäuse (26) konisch verlaufen.
15. Kompressor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsachsen der erforderlichen Ventile (50, 52) der Verbindungsleitungen (30, 32, 34, 36) mit der Kolbenlängsachse (54) Winkel einschließen, die höchstens gleich dem Winkel zwischen der Längsachse (54) und den Senkrechten auf den konischen Flächen (18a, 20a) sind.
16. Kompressor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zylindergehäuse (26) in Längsrichtung (54) in mehrere Ringe (108, 110, 112, 114, 116) unterteilt ist, die mittels ringförmiger Gewinde (118) oder Bolzen aneinandergeschraubt sind.
17. Kompressor nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß die an die konischen Flächen (18a, 20a) angrenzenden Teile (110, 112) des Zylindergehäuses (26) Gewindeöffnungen (122) zum Einschrauben der Ventile (50, 52) aufweisen.
18. Kompressor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Auslaßventil (52) jeder Endstufe (III) als Tellerventil (128) mit zwei entgegengesetzten Ventilsitzen (136, 138) ausgebildet ist, in dessen in axialer Richtung (54) des Zylindergehäuses (26) verschiebbaren Teller (130) das Einlaßventil (50) der Endstufe (III) als zweites

609822/0116

Tellerventil (144, 148) eingesetzt ist, wobei der Strömungsquerschnitt einer von dem einen Ventilsitz (138) wegführenden Hochdruckleitung (142, 124) so bemessen ist, daß die aufgrund des höheren Druckes in der Hochdruckleitung auf den Teller (130) des Auslaßventils wirkende Kraft etwas geringer ist als die aufgrund des weniger hohen Druckes in der Einlaßleitung (126) der Endstufe (III) auf den Teller (130) wirkende Kraft.

19. Kompressor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochdruckleitung (124) über einen Kranz von engen Bohrungen (142) im Zylindergehäuse mit dem einen Ventilsitz (138) verbunden ist.

3/De

609822/0116

BAD ORIGINAL

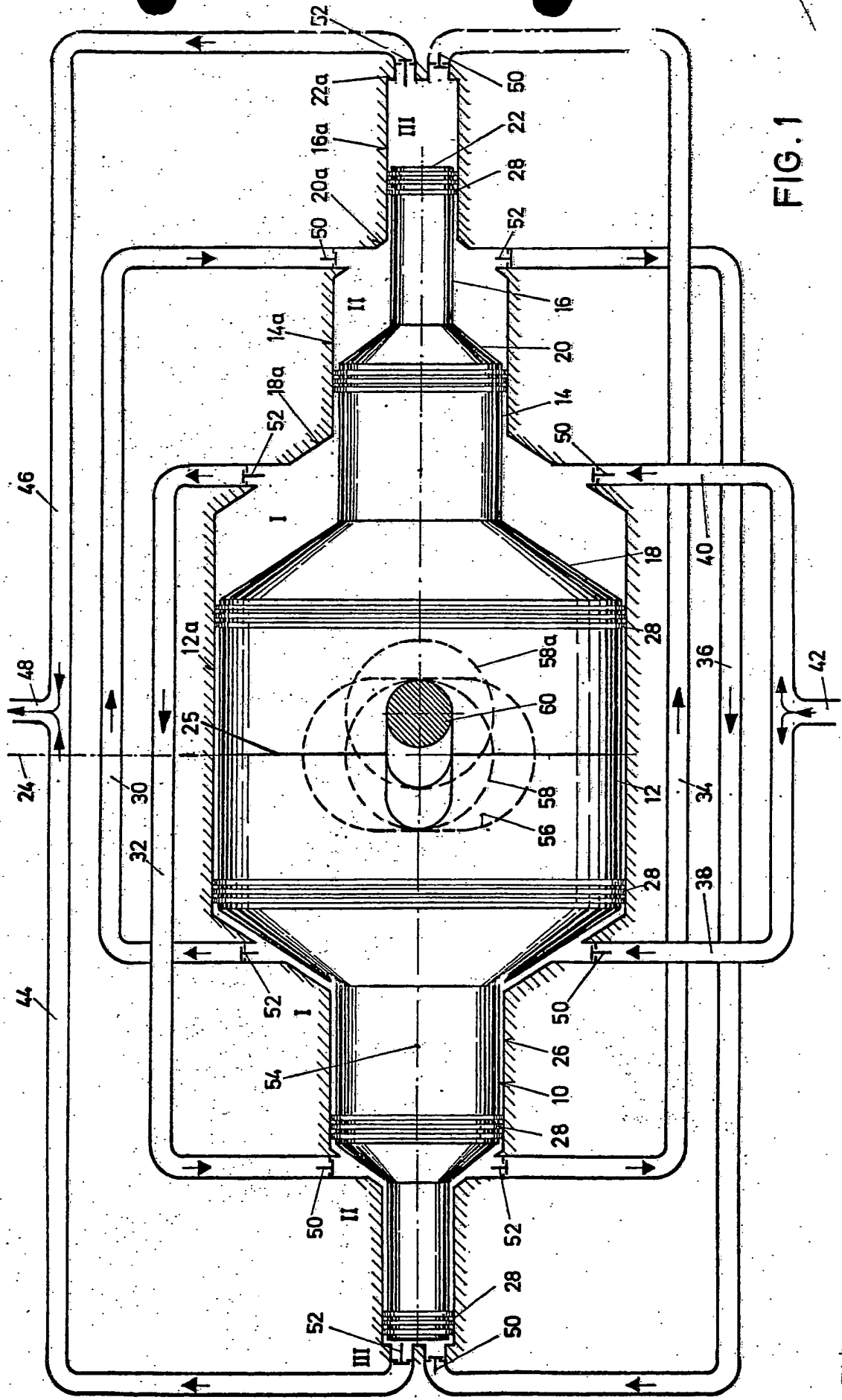


FIG. 1

609822/0116

-22-

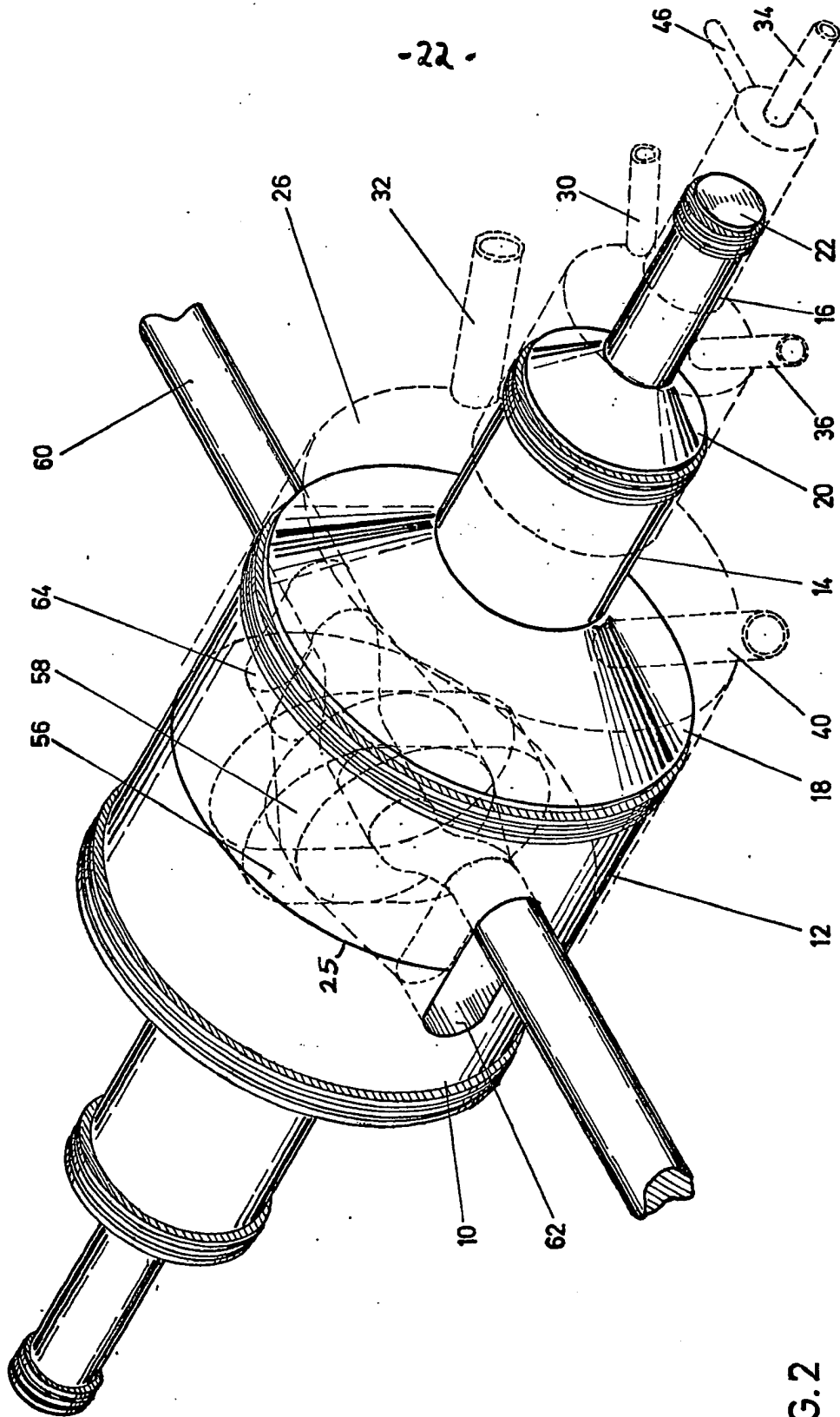


FIG. 2

609822/0116

FIG.3

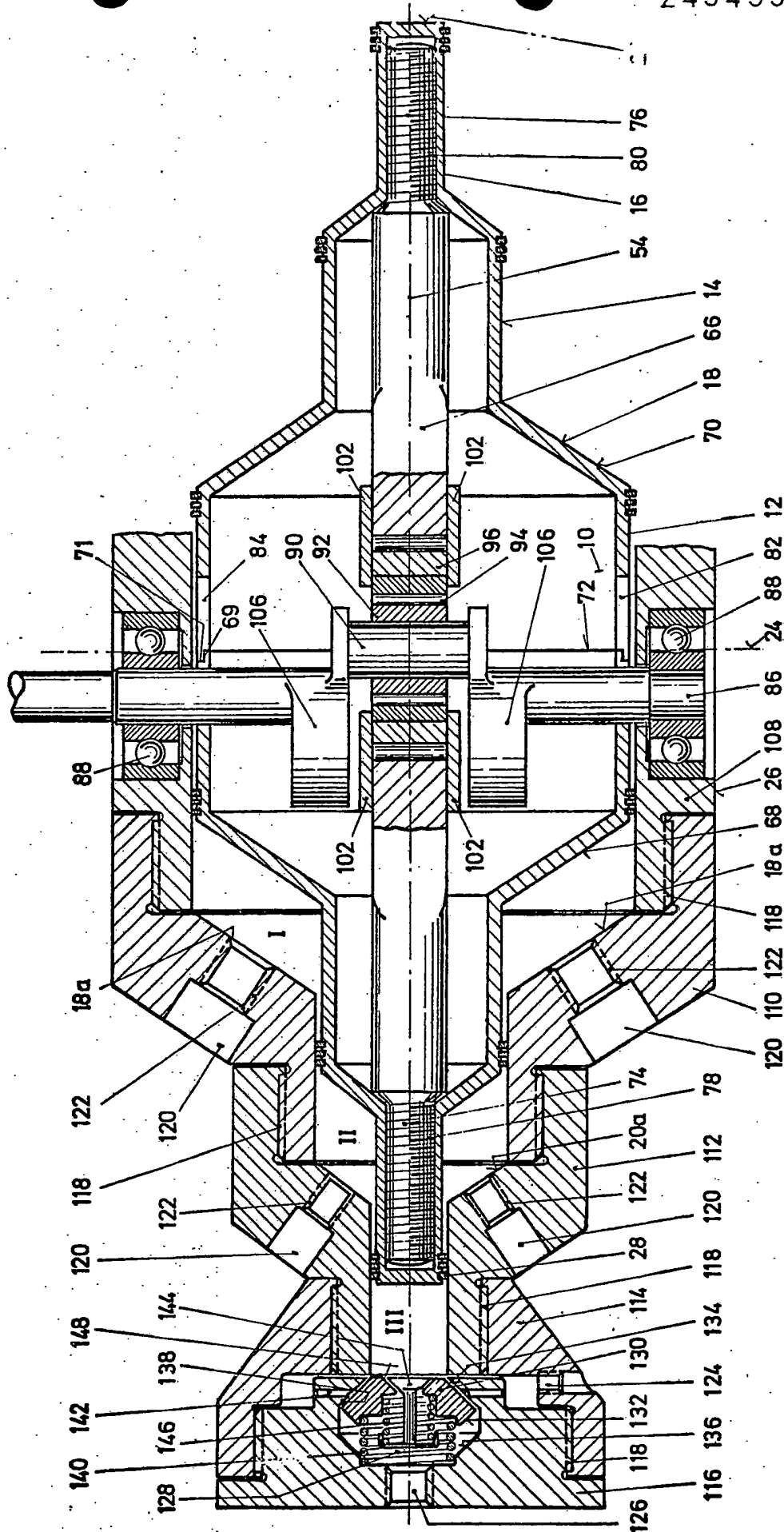
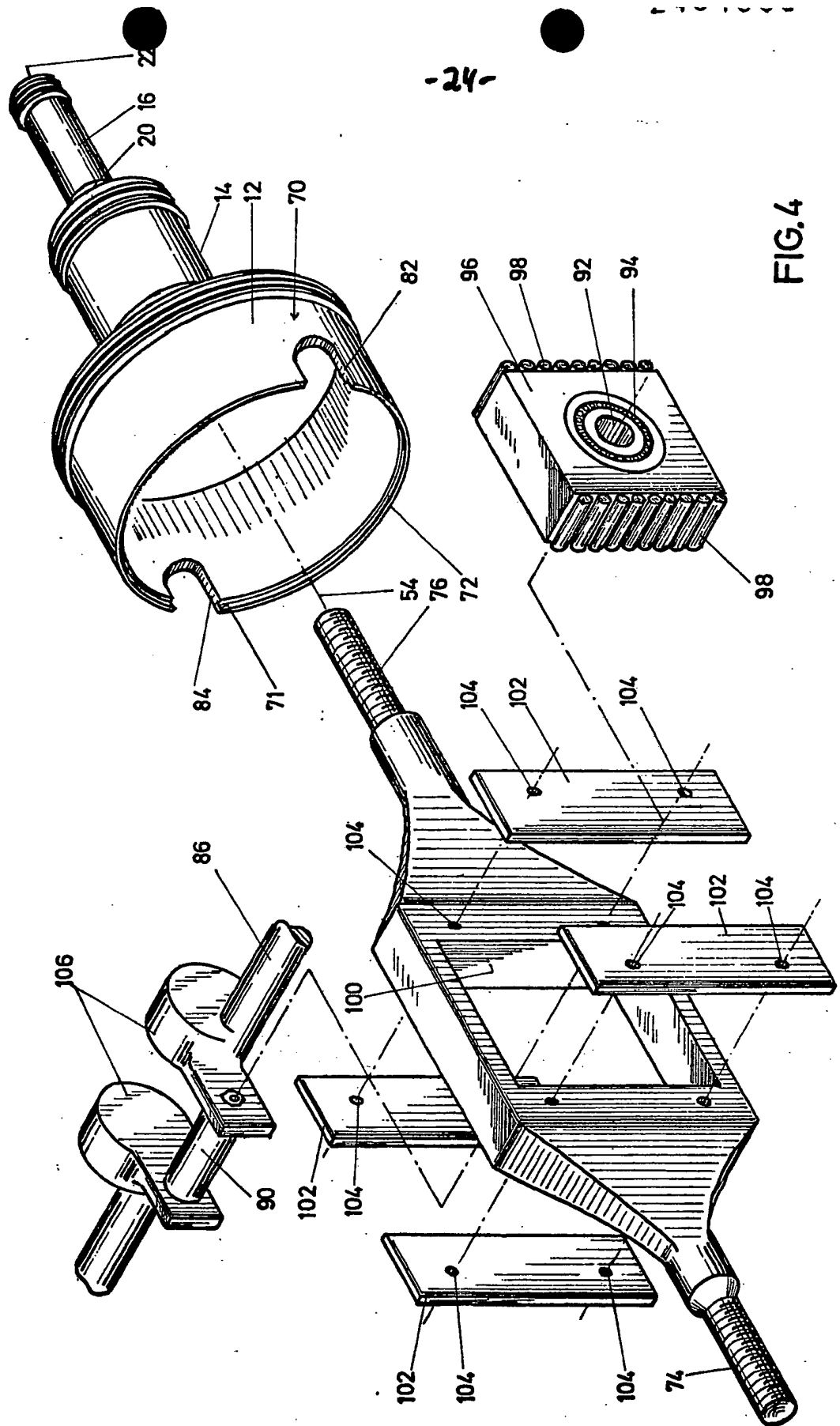


FIG. 4



609822/0116

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.